**Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики»**

**Московский институт электроники и математики им. А.Н.Тихонова**

|  |  |
| --- | --- |
| УТВЕРЖДАЮ |  |
| Академический руководитель образовательной программы: Информатика и вычислительная техника |  |
| \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ Ю.И. Гудков  «\_\_\_\_» \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ 2018 г. |  |

Автоматизированная система ориентации и стабилизации макета малого космического аппарата на основе методов машинного обучения

(Система ориентации и стабилизации макета МКА на нейронных сетях)

Техническое задание

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| СОГЛАСОВАНО |  |  |
| Старший преподаватель: Московский институт электроники и математики им. А.Н. Тихонова / Департамент компьютерной инженерии |  | Московский институт электроники и математики им. А.Н.Тихонова, Информатика и вычислительная техника |
| \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ Е.А. Ерохина  «\_\_\_\_» \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ 2018 г. |  | \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ П.А. Криворотова  «\_\_\_\_» \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ 2018 г. |
|  |  |  |
| Ассистент: Московский институт электроники и математики им. А.Н. Тихонова / Департамент компьютерной инженерии |  | Организация, подразделение, должность согласующего лица со стороны Исполнителя |
| \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ Д.В. Хруслова  «\_\_\_\_» \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ 2018 г. |  | \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ А.Э. Лапшинова  «\_\_\_\_» \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ 2018 г. |

Содержание

[1 Общие сведения 3](#_Toc530176071)

[1.1 Полное наименование системы и ее условное обозначение 3](#_Toc530176072)

[1.1.1 Наименование на русском языке: 3](#_Toc530176073)

[1.1.2 Наименование на английском языке: 3](#_Toc530176074)

[1.2 Наименование предприятий (объединений) разработчика и заказчика (пользователя) системы и их реквизиты 3](#_Toc530176075)

[1.2.1 Заказчик: 3](#_Toc530176076)

[1.2.2 Разработчики 3](#_Toc530176077)

[1.3 Плановые сроки начала и окончания работы по созданию системы 4](#_Toc530176078)

[2 Назначение и цели создания (развития) системы 5](#_Toc530176079)

[2.1 Назначение системы 5](#_Toc530176080)

[2.2 Цели создания системы 5](#_Toc530176081)

[3 Характеристика объектов автоматизации 6](#_Toc530176082)

[3.1 Краткие сведения об объекте автоматизации или ссылки на документы, содержащие такую информацию 6](#_Toc530176083)

[3.2 Сведения об условиях эксплуатации объекта автоматизации и характеристиках окружающей среды 6](#_Toc530176084)

[4 Требования к системе 7](#_Toc530176085)

[4.1 Требования к системе в целом 7](#_Toc530176086)

[4.1.1 Требования к структуре и функционированию системы 7](#_Toc530176087)

[4.1.2 Показатели назначения 8](#_Toc530176088)

[4.1.3 Требования к надежности 8](#_Toc530176089)

[4.1.4 Требования к эксплуатации 9](#_Toc530176090)

[4.2 Требования к функциям (задачам), выполняемым системой 9](#_Toc530176091)

[4.3 Требования к видам обеспечения 10](#_Toc530176092)

[4.3.1 Требования к математическому обеспечению 10](#_Toc530176093)

[4.3.2 Требования к информационному обеспечению 10](#_Toc530176094)

[4.3.3 Требования к лингвистическому обеспечению 10](#_Toc530176095)

[5 Состав и содержание работ по созданию 11](#_Toc530176096)

[5.1 Перечень работ по созданию АС 11](#_Toc530176097)

[5.2 Календарный план создания системы 11](#_Toc530176098)

[6 Порядок контроля и приемки системы 12](#_Toc530176099)

[6.1 Виды, состав, объем и методы испытаний системы и ее составных частей 12](#_Toc530176100)

[6.2 Общие требования к приемке работ по стадиям 12](#_Toc530176101)

[6.3 Статус приемочной комиссии 12](#_Toc530176102)

[7 Требования к документированию 13](#_Toc530176103)

[Перечень сокращений 14](#_Toc530176104)

[Лист регистрации изменений 16](#_Toc530176105)

# Общие сведения

## Полное наименование системы и ее условное обозначение

### Наименование на русском языке:

Автоматизированная система ориентации и стабилизации макета малого космического аппарата на основе методов машинного обучения.

### Наименование на английском языке:

The Automated Navigation System and Stabilization of the Small Spacecraft on the Basis of Machine Learning Methods.

## Наименование предприятий (объединений) разработчика и заказчика (пользователя) системы и их реквизиты

### Заказчик:

Московский институт электроники и математики им. А.Н. Тихонова Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики»

Учебно-исследовательская лаборатория функциональной безопасности космических аппаратов и систем.

### Разработчики

Студентки 3 курса образовательной программы «Информатика и вычислительная техника» МИЭМ НИУ ВШЭ им. А.Н. Тихонова

Криворотова Полина Александровна, группа БИВ164

Лапшинова Анастасия Эдуардовна, группа БИВ165

## Плановые сроки начала и окончания работы по созданию системы

Начало работы — 15 октября 2018 года

Окончание работы — 23 мая 2019 года

# Назначение и цели создания (развития) системы

## Назначение системы

Система предназначается для конструктора макета малого космического аппарата (МКА) «Orbicraft» и комплекса имитаторов космической среду «Terra». Система разрабатывается для следующих видов деятельности:

* Регулирование поведения, необходимого для проведения исследовательских работ, макета МКА
* Исследование надёжности применения нейронных сетей для программного обеспечения для МКА
* Демонстрация основных принципов ориентации и стабилизации МКА
* Демонстрация применения нейронных сетей в разработке алгоритмов для спутниковых систем

## Цели создания системы

Разработка программного обеспечения, осуществляющего автоматическую ориентацию конструктора макета МКА «Orbicraft» по имитатору Солнца и стабилизацию положения макета в пространстве. Для реализации ориентации и стабилизации система использует две нейронные сети.

Критерии оценки качества ориентации макета МКА по имитатору Солнца:

* За конечное время макет МКА поворачивается к имитатору Солнца стороной, заданной пользователем;
* Угол между перпендикуляром к плоскости грани макета, повёрнутой к имитатору Солнца, и прямой, соединяющей центр грани макета и центр имитатора Солнца, не превышает 10º.

Критерии оценки качества стабилизации макета МКА:

* За конечное время макет МКА прекращает вращение, останавливаясь в положении, заданном пользователем либо другой программой;
* Макет МКА находится в неподвижном состоянии не менее 5 секунд.

# Характеристика объектов автоматизации

## Краткие сведения об объекте автоматизации или ссылки на документы, содержащие такую информацию

Конструктор «ОрбиКрафт» вместе с комплексом имитаторов космической среды «Терра» является комплексом полунатурного моделирования, предназначенным для обучения школьников и студентов основам разработки, проектирования, сборки, испытаний и эксплуатации космического аппарата.

В набор комплекса входят набор модулей для сборки функциональных макетов спутника – конструктор «ОрбиКрафт» и комплекс имитаторов космической среды «Терра».

Функциональный макет спутника (собираемый из конструктора «ОрбиКрафт» объект) содержит:

* полезную нагрузку - камеру для съемки пространства вокруг себя
* центральный бортовой компьютер на основе Raspberry Pi
* систему энергопитания, включая аккумулятор, блок управления питанием
* систему передачи команд и сбора телеметрии, включая радиоприемо-передатчик на борту и «Земле»
* систему определения ориентации и стабилизации, включая солнечные датчики, магнитометр и датчик угловой скорости, а также двигатель-маховик
* программное обеспечение
* набор руководств и инструкций по сборке и по использованию конструктора в составе лабораторной оснастки.

Описание конструктора МКА «Orbicraft» доступно по следующему адресу:

<http://www.orbicraft.sputnix.ru/doku.php?id=how>

Комплекс имитаторов космической среды «Терра» включает в себя:

* Вращающийся глобус - имитатор Земной поверхности
* Прожектор - имитатор Солнца
* Токовую рамку - имитатор геомагнитного поля
* Специальный струнный подвес (нить), обеспечивающий движение спутника относительно центра масс
* «Центр управления полетом», имитирующее функционально работу настоящего Центра управления полетом космического аппарата

Описание комплекса имитаторов космической среду «Terra» доступно по следующему адресу:

<http://www.orbicraft.sputnix.ru/doku.php?id=terra>

## Сведения об условиях эксплуатации объекта автоматизации и характеристиках окружающей среды

Конструктор макета МКА «Orbicraft» и комплекс имитаторов космической среды «Terra» входят в перечень оборудования УИЛ ФБКАиС МИЭМ НИУ ВШЭ.

Оборудование используется в пределах лаборатории. Для работы с оборудованием необходимо обеспечить электропитанием комплекс имитаторов, а также персональный компьютер (ноутбук) для подключения к конструктору и комплексу.

Персональный компьютер (ноутбук) должен работать с операционной системой Windows 7, Windows 8 или Windows 10. На нём должно быть установлено ПО для подключения к лабораторной установке конструктора и комплекса имитаторов.

# Требования к системе

## Требования к системе в целом

### Требования к структуре и функционированию системы

#### Перечень подсистем, их назначение и основные характеристики, требования к числу уровней иерархии и степени централизации системы

Разрабатываемая автоматизированная система основывается на работе двух алгоритмов, построенных на нейронных сетях:

* Нейронная сеть, осуществляющая ориентацию макета МКА по имитатору Солнца
* Нейронная сеть, осуществляющая стабилизацию макета МКА на подвесе

Обе нейронные сети соединены в едином интерфейс.

#### Требования к характеристикам взаимосвязей создаваемой системы со смежными системами, требования к ее совместимости, в том числе указания о способах обмена информацией

АС ориентации и стабилизации должна быть совместима с ПО конструктора «Orbicraft» и комплексом «Terra» через веб-интерфейс.

АС может использоваться как самостоятельная система, так и как часть программ для работы с конструктором «Orbicraft».

#### Перспективы развития, модернизации системы

Результаты проектирования АС для конструктора «Orbicraft» могут быть использованы для разработки систем ориентации и стабилизации реальных МКА на нейронных сетях.

Результаты проектирования АС могут быть использованы УИЛ ФБКАиС для реализации новых ПО для управления МКА.

### Показатели назначения

АС должна демонстрировать высокое качество выполняемых функций (ориентации и стабилизации) независимо от внешних условий среды, создаваемых комплексом имитаторов космической среды «Terra».

Критерии оценки качества ориентации макета МКА по имитатору Солнца:

* За конечное время макет МКА поворачивается к имитатору Солнца стороной, заданной пользователем;
* Угол между перпендикуляром к плоскости грани макета, повёрнутой к имитатору Солнца, и прямой, соединяющей центр грани макета и центр имитатора Солнца, не превышает 10º.

Критерии оценки качества стабилизации макета МКА:

* За конечное время макет МКА прекращает вращение, останавливаясь в положении, заданном пользователем либо другой программой;
* Макет МКА находится в неподвижном состоянии не менее 5 секунд.

### Требования к надежности

Уровень надежности должен достигаться согласованным применением организационных, организационно-технических мероприятий и программно-аппаратных средств.

#### Общие требования к надёжности

Надежность должна обеспечиваться за счет:

* применения технических средств, системного и базового программного обеспечения, соответствующих классу решаемых задач;
* соблюдения правил эксплуатации и технического обслуживания программно-аппаратных средств;
* предварительного обучения пользователей.

#### Требования к надёжности оборудования

К надежности оборудования предъявляются следующие требования:

* в качестве аппаратных платформ должны использоваться средства с повышенной надежностью;
* применение технических средств соответствующих классу задач, связанных с системой ориентации и стабилизации макета МКА;
* аппаратно-программный комплекс АС должен иметь возможность восстановления в случаях сбоев.

#### Надежность программного обеспечения подсистем

Надежность программного обеспечения подсистем должна обеспечиваться за счет:

* проведением комплекса мероприятий отладки, поиска и исключения ошибок.
* ведением журналов системных сообщений и ошибок по подсистемам для последующего анализа и изменения конфигурации.

#### Требования к методам оценки и контроля показателей надежности

Требования к методам оценки и контроля показателей надежности на разных стадиях создания системы должны соответствовать действующим нормативно-техническими документами.

Проверка выполнения требований по надежности должна производиться на этапе разработки расчетным путем, а на этапах испытаний и эксплуатации путём сравнения с уже существующими программами, которые работают не на нейронных сетях.

### Требования к эксплуатации

* К использованию системы допускаются только лица, прошедшие инструктаж по технике безопасности в лаборатории ФБКАиС;
* Разрешается использование АС только при корректном подключении элементов конструктора «Orbicraft» и комплекса имитаторов космической среды «Terra»;
* Обязательным является условие соблюдения требований эксплуатации конструктора «Orbicraft» и комплекса имитаторов космической среды «Terra», описанных на официальном сайте: http://www.orbicraft.sputnix.ru/doku.php?id=recomendations

## Требования к видам обеспечения

### Требования к математическому обеспечению

Для разработки АС должны быть изучены и использованы современные методы ориентации и стабилизации малых космических аппаратов. Данные математические методы должны послужить основой для обучения нейронных сетей.

### Требования к информационному обеспечению

Для своей работы АС должна использовать показания с датчиков угловой скорости, солнечных датчиков и магнитометров, находящихся в составе конструктора «Orbicraft». Таким образом, система должна корректно работать с данными и иметь устойчивость к данным, содержащим ошибки.

### Требования к лингвистическому обеспечению

АС должна быть совместима с программами для конструктора «Orbicraft», которые пишутся на языках СИ и Python.

Язык интерфейса АС – английский.

# Состав и содержание работ по созданию

## Перечень работ по созданию АС

* Изучение существующих алгоритмов ориентации и стабилизации МКА
* Изучение возможностей конструктора “Orbicraft” и комплекса имитаторов космической среды “Terra”
* Обучение нейронной сети для ориентации макета МКА по имитатору Солнца
* Обучение нейронной сети для стабилизации макета МКА
* Приведение полученных нейронных сетей к одному интерфейсу
* Написание руководства по использованию ПО

## Календарный план создания системы

|  |  |
| --- | --- |
| **Этапы разработки** | **Дата завершения** |
| Составление и утверждение технического задания | 16 ноября 2018 |
| Изучение теоретического материала, возможностей конструктора “Orbicraft” | 1 декабря 2018 |
| Подготовка первой версии нейронных сетей | 25 декабря 2018 |
| Тестирование, выявление ошибок, презентация первой версии проекта | 15 января 2019 |
| Исправление ошибок, повторное тестирование | 1 апреля 2019 |
| Разработка интерфейса для работы с конструктором | 1 мая 2019 |
| Доработка и представление финальной версии проекта, разработка руководства пользователя | 23 мая 2019 |

# Порядок контроля и приемки системы

## Виды, состав, объем и методы испытаний системы и ее составных частей

* Тестирование нейронных сетей и оценка качества обучения;
* Тестирование работы АС в различных условиях, создаваемых имитатором космической среды;
* Сравнительный анализ качества работы алгоритмов ориентации и стабилизации макета МКА с использованием АС и с использованием имеющихся у лаборатории ФБКАиС программ.

## Общие требования к приемке работ по стадиям

Предоставление видеофрагмента с описанием цели, результата разработки системы — 8 ноября 2018 года

Публичная презентация целей, результата проектирования системы, этапов разработки — 15 ноября 2018 года

Размещение технического задания в репозиторий — 16 ноября 2018 года

Публичная презентация первой версии системы — 15-31 января 2019 года

Публичная презентация финальной версии системы — 24 мая 2019 года

## Статус приемочной комиссии

Комиссия, формируемая проектным офисом МИЭМ НИУ ВШЭ

# Требования к документированию

Перечень подлежащих разработке документов:

* Инструкция по эксплуатации
* Общее описание системы

Все документы по разработке и эксплуатации автоматизированной системы должны быть оформлены в соответствии с ГОСТ 34.

Перечень сокращений

| Сокращение | Расшифровка |
| --- | --- |
| АС | Автоматизированная система |
| АРМ | Автоматизированное рабочее место |
| МКА | Малый космический аппарат |
| УИЛ ФБКАиС | Учебно-исследовательская лаборатория функциональной безопасности космических аппаратов и систем |
| ПО | Программное обеспечение |

Код ТЗ

СОСТАВИЛИ

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Наименование организации, предприятия | Должность исполнителя | Фамилия имя, отчество | Подпись | Дата |
| МИЭМ НИУ ВШЭ | Студент 3 курса ОП Информатика и вычислительная техника | Криворотова Полина Александровна |  | 16.11.2018 |
| МИЭМ НИУ ВШЭ | Студент 3 курса ОП Информатика и вычислительная техника | Лапшинова Анастасия Эдуардовна |  | 16.11.18 |

СОГЛАСОВАНО

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Наименование организации, предприятия | Должность исполнителя | Фамилия имя, отчество | Подпись | Дата |
| МИЭМ НИУ ВШЭ | Старший преподаватель департамента компьютерной инженерии | Ерохина Елена Альфредовна |  |  |
| МИЭМ НИУ ВШЭ | Ассистент департамента компьютерной инженерии | Хруслова Диана Владимировна |  |  |

Лист регистрации изменений

| Изм. | Номера листов (страниц) | | | | Всего листов (страниц) в докум. | № документа | Входящий № сопрово-дительного докум. и дата | Подп. | Дата |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| изменен-ных | заменен-ных | новых | аннули-рованных |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |